

Article, Published Version

Ehmann, Rainer

Bauwerksmessungen am Beispiel des Weserwehres

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102807>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Ehmann, Rainer (1991): Bauwerksmessungen am Beispiel des Weserwehres. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 68. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 59-66.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



BAUWERKSMESSUNGEN AM BEISPIEL DES WESERWEHRES BREMEN

The Weser weir at Bremen, used as an example for measurements at structures

Le déversoir de Brême pris comme exemple pour le mesurage de constructions

Измерения, проводимые в строителном сооружении, на примере водосливочной платины на Везере у Бремена



Rainer Ehmann, Dipl.-Ing., Wissenschaftlicher Angestellter in der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW).

Geboren 1952, Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Stuttgart 1971 - 1977. Tätigkeit in einem Ingenieurbüro als Statiker und Projektleiter, vornehmlich im Massivbrückenbau von 1977 - 1987. Seit 1987 in der BAW Karlsruhe im Referat Massivbau.

Inhaltsangabe

Systematische Bauwerksmessungen ermöglichen beim Neubau eine Qualitätssicherung durch Kontrolle der Bauausführung und Überprüfung der Belastungsannahmen und bieten eine Unterstützung bei der Bauwerksunterhaltung. Am Beispiel des Weserwehres Bremen werden die einzelnen Messungen kurz erläutert. Über Zielsetzung und Meßaufgaben sowie die Meßstellenanordnung von In-situ-Messungen an dicken Betonbauteilen wird berichtet.

Summary

Systematical measurements at structures render a quality assurance by supervising the execution of construction work and loading conditions. They support the maintenance of the structure. The Weser weir at Bremen is used as an example to explain the particular measurements. The aim, function and location of in-situ-measurements in massive concrete components are specified.

Résumé

Des mesurages systématiques de constructions permettent une garantie de qualité par le contrôle de la réalisation de construction et des hypothèses de chargement. C'est aussi une aide pour l'entretien de la construction. Les différents mesurages sont illustrés au déversoir de Bremen. Le but, la fonction et l'emplacement des mesurages in-situ sont décrits.

Резюме

Систематические измерения, проводимые в строителном сооружении, позволяют гарантировать качество при строительстве, благодаря постоянному контролю строительных работ и проверке воздействия нагрузок и помогают содержанию этого сооружения. на примере водосливочной платины на Везере у Бремена коротко объясняются отдельные измерения. сообщается о целях и задачах измерений, о порядке расположения точек измерения, при измерениях в толстостенных бетонных элементах.

INHALT

Seite

1	Einleitung	61
2	Bauwerk	61
3	Übersicht der Messungen	61
4	In-situ-Messungen in der massiven Wehrsohle und in der Wehrschwelle	62
4.1	Problemstellung	62
4.2	Meßaufgabe	63
4.3	Lage der Meßstellen	64
4.4	Schlußbemerkungen	65
5	Literatur	66

1 Einleitung

Im Bauwesen sind systematische, vor Errichtung des Bauwerkes geplante Messungen auch heute noch eine Seltenheit. Hauptsächlich im Talsperrenbau und bei Bohrinseln im Meer /1/ sowie bei der Erprobung neuartiger Verfahren und Baustoffe /2/ werden Meßeinrichtungen für eine automatische Bauwerksüberwachung vorgesehen. In den meisten Fällen gelangen In-situ-Messungen an Bauwerken erst dann zum Einsatz, wenn standsicherheitsgefährdende Schädigungen vorliegen, wobei die Aussagekraft derartiger Messungen aufgrund der fehlenden Belastungs- und Verformungsgeschichte häufig nur unzureichend zu bewerten ist. Demgegenüber eröffnen gezielt geplante, wenn auch nur punktuell mögliche Messungen die Möglichkeit, das Verhalten eines Bauwerkes in kritischen Phasen bzw. über längere Zeiträume hinweg zu erfassen. Dadurch können am konkreten Bauwerk Belastungsannahmen verifiziert werden, deren Ergebnisse Eingang in die Planung weiterer gleichartiger Bauwerke finden können. Außerdem sind Bauwerksmessungen während der Bauausführung eine effiziente Methode zur Qualitätssicherung und zur Bauüberwachung. Bei dem zur Zeit im Bau befindlichen neuen Weserwehr in Bremen hat das Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen angeregt, den Bau und die spätere Unterhaltung dieses Ingenieurbauwerkes durch ein geeignetes Meßprogramm zu begleiten.

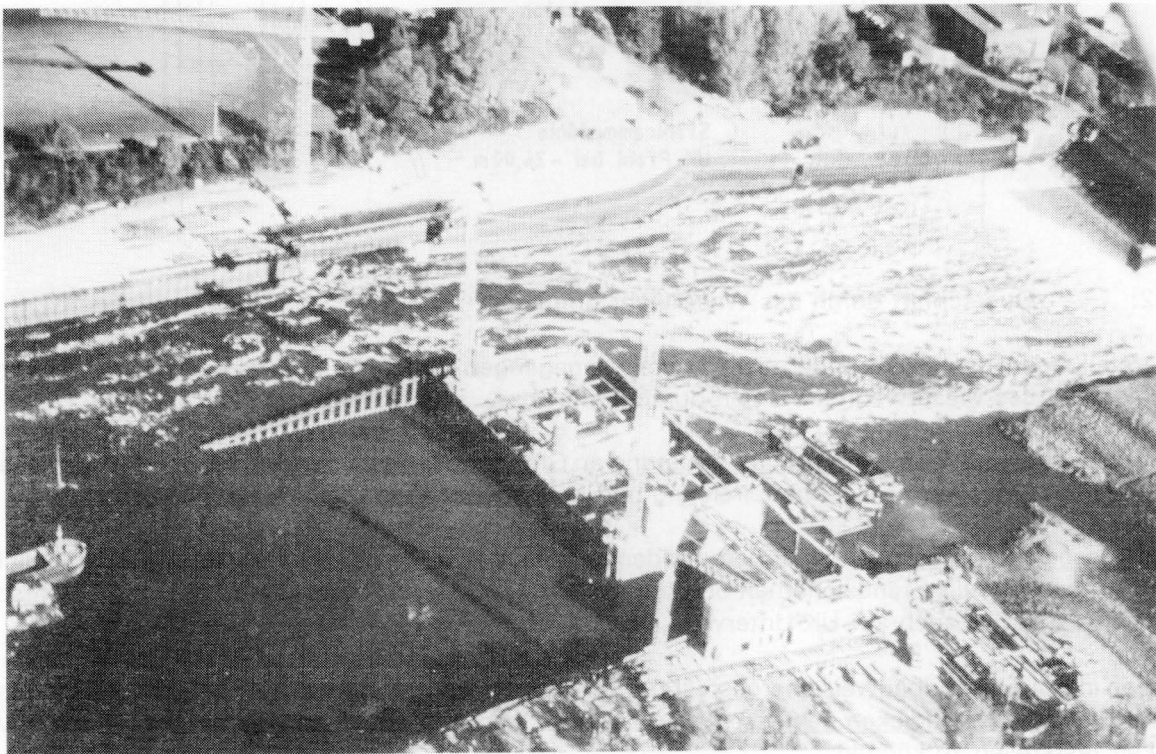


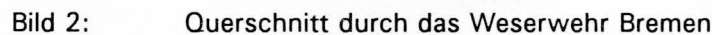
Bild 1: Baustelle Weserwehr Bremen im Sommer 1990. 1. Wehrfeld (r. u.) fertig betonierte, 2. und 3. Wehrfeld im Bau

2 Bauwerk

Das Weserwehr ist ein Massivbauwerk mit Grundrißabmessungen von ca. 180 m x 37 m und besteht insgesamt aus 5 Wehrfeldern mit je 30 m lichter Weite /3/. Gegründet ist das Bauwerk auf Stahlrampfpfählen, die in die Wehrsohle aus Stahlbeton einbinden. Zwischen den aufragenden Wehrpfeilern verläuft eine tunnelähnliche Wehrschwelle mit aufgesetzter Fischbauchklappe. Spundwände, die in der Bauphase auch als Baugrubensicherung dienen, bieten Schutz gegen Unterläufigkeit und Kolkgefahr.

3 Übersicht der Messungen

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) wurde beauftragt, ein geeignetes Meßprogramm aufzustellen und zu realisieren. Auf die gebräuchlichen geodätischen Messungen zur Feststellung von Setzungen,



- Statische und dynamische Pfahlprobebelastung an Gründungspfählen zur Ermittlung von wirtschaftlichen Bemessungswerten für Mantelreibung und Spitzenwiderstand.
- Sohlwasserdruckmessungen an 9 verschiedenen Punkten unterhalb der Wehrschwelle ermöglichen eine permanente, die Standsicherheit berührende Überwachung des Wasserdruckes in UK Wehrsohle und in diesem Fall auch auf UK Unterwasserbeton.
- An den in Spundwandbauweise hergestellten Uferwänden werden in regelmäßigen Abständen mittels Ultraschall die Bohlendicken gemessen, um damit die Abrostungsrate und die Abrostungsgeschwindigkeit feststellen zu können.
- Messungen an der höchstbeanspruchten Wehrklappe zur Feststellung der hydrostatischen und der hydrodynamischen Belastung der Stahlkonstruktion und des Antriebes. Die Ergebnisse ermöglichen dann einen Vergleich mit den Modellversuchen.
- Mittels Druckmeßdosen soll die tatsächliche Druckbelastung an den Störkörpern des Tosbeckens bei verschiedenen Wasserabflüssen gemessen werden.
- Temperatur- und Dehnungsmessungen in der Betonsohle und der Wehrschwelle wie im folgenden Abschnitt beschrieben.

4.1 Problemstellung

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau (1991) Nr. 68

Zwangs- und Eigenspannungen infolge Hydratationswärme. Das Schwinden des Betons spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

Thermische Eigenspannungszustände, die bei massigen Bauteilen in der Erhärtungsphase dominieren, können bei Überschreiten der Zugbruchdehnung des jungen Betons zu Schalenrissen mit geringer Tiefe führen. Derartige Eigenspannungsrisse werden in der Praxis wegen ihrer sehr kleinen Rißbreite kaum entdeckt. Ihre Bedeutung liegt in einer Art Vorschädigung des Querschnittes, der bei einem danach einsetzenden Zwang einen geringeren Widerstand gegenüber möglicher Trennrißbildung entgegensetzt.

Risse in Stahlbetonbauteilen stellen bei ausreichend dimensionierter Bewehrung keine Standsicherheitsgefährdung dar, können jedoch die Dauerhaftigkeit und Gebrauchsfähigkeit beeinträchtigen. Aus diesem Grund schreibt die neueste Ausgabe der DIN 1045 vom Juli 1988 eine entsprechende Mindestbewehrung vor, die gerade bei dicken Bauteilen zu außerordentlich hohen Bewehrungsmengen führt. Dem entgegen stehen Beobachtungen an Bauwerken und neuere Forschungsergebnisse /4/, die darauf hindeuten, daß die in den Vorschriften zugrunde gelegten Rechenmodelle zur Ermittlung der Mindestbewehrung für dicke und massige Bauteile nicht zutreffen.

Die in vergangener Zeit auf diesem Gebiet geleistete intensive Forschung mußte sich auf Laborversuche, z. B. /5/, /6/ und häufig auch auf dünne Betonbauteile beschränken. Die Ergebnisse derartiger Untersuchungen haben zwar für das Verständnis der Problematik grundsätzliche Bedeutung, sie sind jedoch aufgrund anderer Randbedingungen nicht direkt auf das reale Bauwerk übertragbar.

Des weiteren stellt die im Endzustand fugenlose Sohlplatte mit ihren Abmessungen eine besondere und selten angewandte Konstruktionsart dar. Die Auswirkungen dieser Bauweise auf Zwängung und Rißbildung sind zu beobachten.

4.2 Meßaufgabe

Aus der zuvor beschriebenen Problemstellung haben In-situ-Messungen in der Wehrsohle und Wehrschwelle des Weserwehres Bremen im wesentlichen folgende Zielsetzungen:

1. Erfassen der lastunabhängigen Beanspruchungen im Bauteilinnern während der Erhärtungsphase des Betons. Im einzelnen bedeutet dies:
 - Messen des durch Hydratationswärmeentwicklung entstehenden, zeitlich veränderlichen Temperaturfeldes und damit u. a. eine Kontrolle der im Leistungsverzeichnis vorgegebenen Grenzwerte.
 - Erfassen und Abschätzen der aus dieser Wärmewirkung und aus beginnendem Schwinden entstehenden Zwangs- und Eigenspannungszustände, insbesondere der rißauslösenden Zugdehnungen und Zugspannungen.
2. Langzeitmessungen zum Erfassen von Zwangs- und Lastbeanspruchungen des erhärteten Betons:
 - allmählich sich entwickelnde Zwangsbeanspruchungen, z. B. Schwinden, Setzungen usw.
 - immer wiederkehrende, temperaturbedingte Beanspruchungen
 - innere Spannungsverhältnisse bei verschiedenen Betriebswasserständen
 - außergewöhnliche Beanspruchungen, z. B. im Rahmen einer Trockenlegung, bei Hochwasser usw.

Die unter Punkt 1 genannten Meßaufgaben beziehen sich auf die Phase des "jungen Betons", die vor allem dadurch gekennzeichnet ist, daß sämtliche mechanischen und physikalischen Eigenschaften - sowohl auf der Beanspruchungsseite als auch auf der Widerstandsseite - einer starken zeitlichen Veränderung unterworfen sind. Demgegenüber kann bei den unter Punkt 2 genannten Meßaufgaben ein ausgereifter Beton vorausgesetzt werden, d. h. die Werkstoffparameter dürfen näherungsweise konstant angenommen werden.

In-situ-Messungen erlauben gegenüber Laborversuchen eine Spannungsanalyse der am realen Bauwerk einwirkenden Beanspruchungen unter Berücksichtigung der natürlichen Witterungsverhältnisse und

tatsächlichen Randbedingungen, z. B. Betonrezeptur, Untergrundverhältnisse, unterschiedliches Betonalter, Raum- und Betonierfugen usw. Zugleich können vorhandene Rechenmodelle zur wirklichkeitsnahen Berechnung der o. a. Beanspruchungen durch einen Vergleich mit registrierten Meßwerten überprüft werden.

Da ein direktes Messen der Betonspannungen nicht möglich ist, wurde beim Weserwehr Bremen ein Verfahren gewählt, bei dem Dehnungen und Temperaturen im Betoninnern registriert werden. Die gesuchten Beanspruchungen werden dann indirekt mit Hilfe der aus Festigkeitslehre und Mechanik bekannten Beziehungen berechnet. Als Meßwertaufnehmer wurden Temperaturfühler Pt 100 und Betondehnungsaufnehmer "System Lierse" /7/ eingebaut.

4.3 Lage der Meßstellen

Bauwerksmessungen während des rauen Baustellenbetriebes stellen immer auch ein Experiment dar und es empfiehlt sich daher ein schrittweises Vorgehen. Die abschnittsweise Herstellung der einzelnen Wehrfelder und der einzelnen Bauteile untereinander kamen dieser Vorstellung entgegen.

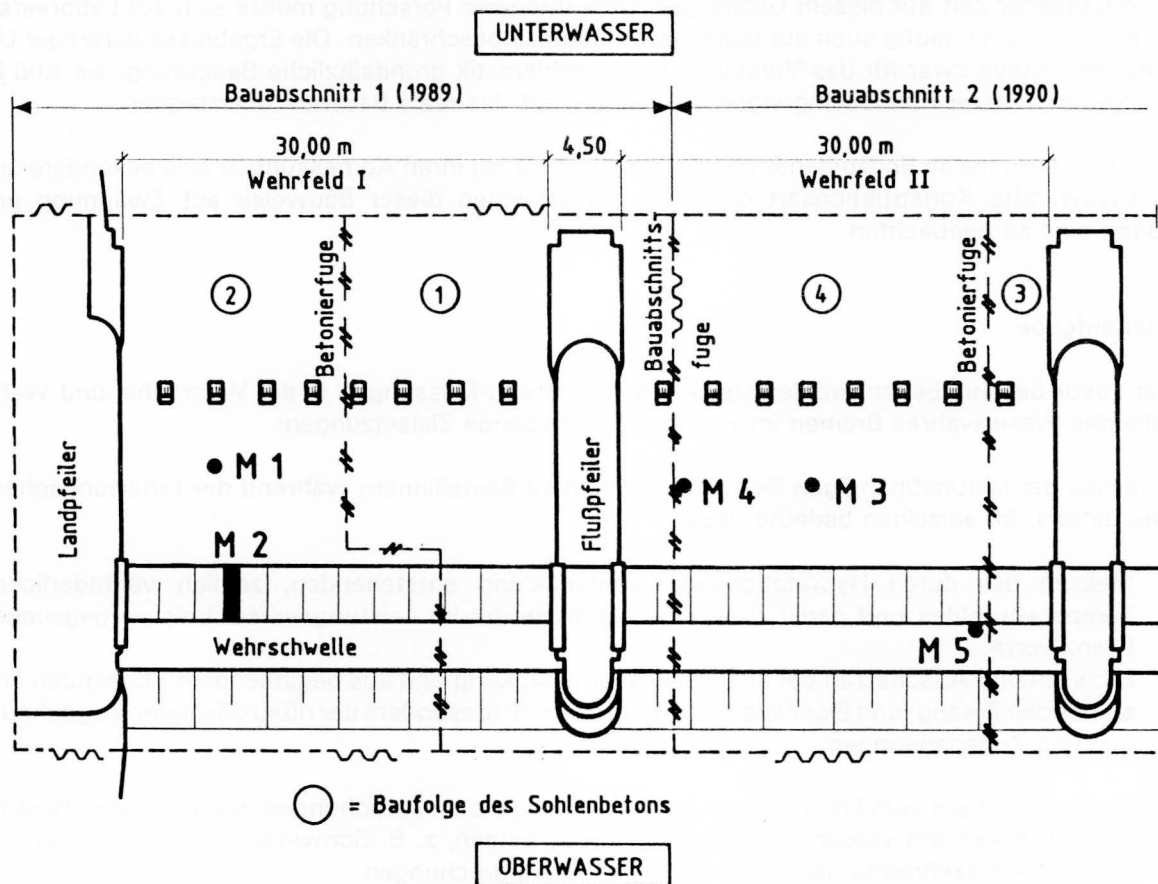


Bild 3: Lage der Meßstellen in der Draufsicht

Insgesamt wurden in 2 verschiedenen Bauabschnitten 5 Meßstellen eingerichtet, deren Lage im Grundriß und Querschnitt aus den Bildern 3 und 4 hervorgeht. Innerhalb einer Meßstelle sind die Meßelemente über die Bauteildicke verteilt, um so ein Beanspruchungsprofil zu erhalten.

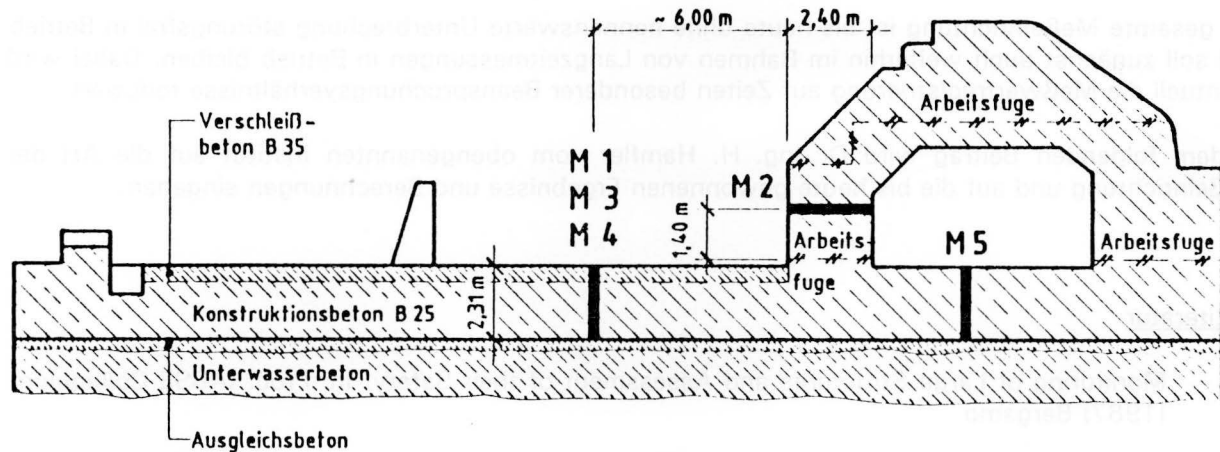


Bild 4: Lage der Meßstellen im Querschnitt

Meßstellen in Bauabschnitt 1:

Die Meßstelle **M1** wurde in der Betonsohle in der Mitte eines Betonierabschnittes plaziert, um möglichst weit von störenden Randeinflüssen (Bauteilenden, Betonierfuge, aufgehende Betonteile) entfernt zu sein. Die Messungen können hinsichtlich der lastunabhängigen Beanspruchungen als repräsentativ für den größten Teil der Sohlplatte angesehen werden.

In der tunnelartigen Wehrschwelle wurde eine Meßstelle **M2** im senkrechten, 2,40 m dicken Wandteil angeordnet. Die beiden Begrenzungsflächen sind in ihrer freien Dehnungsmöglichkeit (in vertikaler Richtung) nicht behindert. Allerdings sind Zwängungen in horizontaler Richtung aus der zuvor betonierten Sohle zu erwarten.

Meßstellen in Bauabschnitt 2:

Der 2. Bauabschnitt wurde ca. 1 Jahr später betoniert; Messungen werden nur in der Betonsohle durchgeführt. Durch eine geschickte Meßstellenanordnung wird versucht, die verschiedenen Zwängungsanteile getrennt zu erfassen.

Eine in ihrer Funktion etwa **M1** entsprechenden Meßstelle **M3** wurde wiederum in der Mitte des Betonierfeldes angelegt und kann damit auch als Vergleich zu **M1** herangezogen werden. Erweitert wurde die Meßstelle um Temperatur- und Betondehnungsaufnehmer im darunterliegenden, nicht zur Konstruktion gehörenden Ausgleichsbeton. Demgegenüber liegen die Meßstellen **M4** und **M5** dicht an Betonierfugen, um damit die Größe der Verformungsbehinderung durch angrenzende, schon erhärtete Bauteile zu erfassen. Während bei **M5** die Zeitdifferenz zwischen dem Betonieren der einzelnen Abschnitte nur ca. 2 Wochen beträgt, wurde bei **M4** an einen ca. 1 Jahr alten Beton fugenlos anbetoniert.

In Ergänzung und Erweiterung der Betondehnungsmessungen wurden im Bauabschnitt 2 an einigen, zur regulären Bewehrung gehörenden Betonstählen DMS-Aufnehmer appliziert.

4.4 Schlußbemerkung

Die umfangreichen und empfindlichen Meßeinrichtungen in der massiven Wehrschwelle und Betonsohle des Weserwehres Bremen wurden im Sommer 1989 und 1990 vom Institut für Massivbau der Universität Hannover im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Wasserbau installiert.

Die gesamte Meßeinrichtung ist bis heute ohne nennenswerte Unterbrechung störungsfrei in Betrieb und soll zunächst auch weiterhin im Rahmen von Langzeitmessungen in Betrieb bleiben. Dabei wird eventuell die Meßwertregistrierung auf Zeiten besonderer Beanspruchungsverhältnisse reduziert.

In dem folgenden Beitrag wird Dr.-Ing. H. Hamfler vom obengenannten Institut auf die Art der Meßeinrichtung und auf die bis heute gewonnenen Ergebnisse und Berechnungen eingehen.

5 Literatur

- /1/ Monitoring of Large Structures and Assessment of their Safety. In: Proc. IABSE Colloquium (1987) Bergamo
- /2/ MIESSELER, H. J.; LEVACHER, F.: Monitoring stressing behaviour with integrated optical fiber sensors. In: Proc. IABSE Congress (1988) Helsinki
- /3/ DIRKSEN, J.; REINER, W.: Planung und Bau des neuen Weserwehres in Bremen. In: Zwischen Weser und Ems (1989) Heft 22
- /4/ HELMUS, M.: Mindestbewehrung zwangbeanspruchter dicker Stahlbetonbauteile. In: DAfStb (1990) Heft 412
- /5/ ROSTÁSY, F.S.; LAUBE, M.: Verformungsverhalten und Eigenspannungsrißbildung von jungem Beton. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz. TU Braunschweig, 1988
- /6/ BREITENBÜCHER, R.: Zwangsspannungen und Rißbildung infolge Hydratationswärme. München, Technische Universität, Diss., 1989
- /7/ LIERSE, J.: Dehnungs- und Durchbiegungsmessungen an Massivbauwerken. Werner Verlag, 1980.